

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-285218

(43)Date of publication of application : 13.10.2005

(51)Int.Cl.

G11B 5/60

G11B 21/21

(21)Application number : 2004-097023

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.03.2004

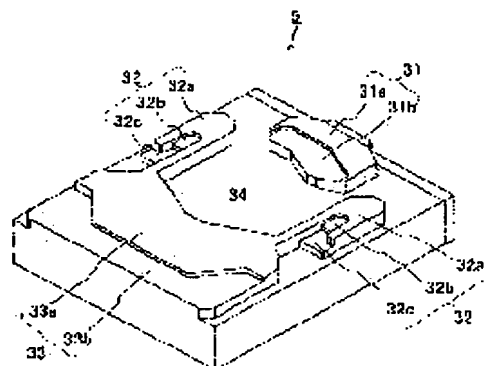
(72)Inventor : TAKAHASHI MIKI  
HANIYU MITSUNOBU  
YOSHIDA KAZUHIRO  
ITO ATSUSHI

## (54) FLOATING HEAD SLIDER AND MAGNETIC DISK DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a floating head slider capable of improving the pressure reduction characteristics of the slider by increasing the positive pressure generation efficiency of a side pad.

**SOLUTION:** A pair of side pads arranged to face each other sandwiching the deep part of a negative pressure generation part in a direction orthogonal to a slider flowing direction is formed into multistages such as 3 stages or more. The highest surface among the multistaged surfaces is set as a nonmilling surface, and the heights of the multistages surfaces are set so that a groove is deeper as it is closer to an inlet end. Further, the partial surrounding of the side pad area of the second stage with the area of the nonmilling surface, and the partial surrounding of the side pad area of the third stage with the side pad area of the second stage are effective for increasing the positive pressure generation efficiency of the side pad.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-285218

(P2005-285218A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005.10.13)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

G 1 1 B 5/60

G 1 1 B 21/21

F I

G 1 1 B 5/60

G 1 1 B 21/21 1 0 1 Q

テーマコード (参考)

5 D 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-97023 (P2004-97023)  
 (22) 出願日 平成16年3月29日 (2004.3.29)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100077849  
 弁理士 須山 佐一  
 (72) 発明者 高橋 幹  
 東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会  
 社東芝青梅事業所内  
 (72) 発明者 羽生 光伸  
 東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会  
 社東芝青梅事業所内  
 (72) 発明者 吉田 和弘  
 東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会  
 社東芝青梅事業所内

最終頁に続く

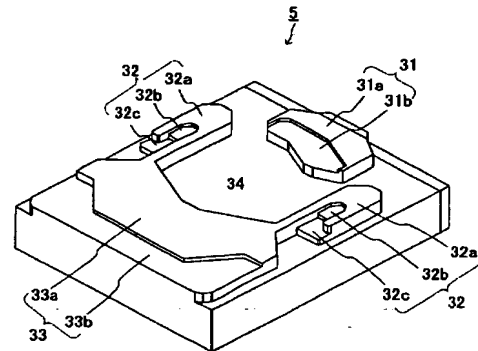
(54) 【発明の名称】 浮上ヘッドスライダおよび磁気ディスク装置

## (57) 【要約】

【課題】 サイドパッドの正圧発生効率を高めてスライダの減圧特性を向上させることができる浮上ヘッドスライダを提供する。

【解決手段】 スライダ流れの方向に対して直交する方向に負圧発生部の深部を挟んで対向するように配置された一対のサイドパッドを3段以上に多段化する。多段化された各面のうち最も高い面は非ミリング面とし、多段化された各面の高さは流入端に近いものほど溝深さが深くなるように設定する。さらに、二段目のサイドパッド領域を非ミリング面の領域で部分的に囲み、三段目のサイドパッド領域を二段目のサイドパッド領域で部分的に囲うこともサイドパッドの正圧発生効率を高めるために有効である。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ディスク対向面に対してほぼ平行でかつ高さの異なる 3 種類以上の面を有し、流れの方向に対して直交する方向に負圧発生部の深部を挟んで対向するように配置された一対の正圧発生部を有することを特徴とする浮上ヘッドスライダ。

## 【請求項 2】

前記正圧発生部の前記各面の高さが、流入端に近いものほど前記負圧発生部の深部の溝深さに近くなるように設定されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の浮上ヘッドスライダ。

## 【請求項 3】

前記正圧発生部の前記各面の一つが非ミリング面である

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の浮上ヘッドスライダ。

## 【請求項 4】

前記正圧発生部の隣り合うどうしの少なくとも一組の 2 つの前記面のうち、溝深さのより深い一方の面の領域を他方の面の領域で部分的に囲った

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の浮上ヘッドスライダ。

## 【請求項 5】

ディスク対向面に対してほぼ平行でかつ高さの異なる 3 種類以上の面を有し、流れの方向に対して直交する方向に負圧発生部の深部を挟んで対向するように配置された一対の正圧発生部を有する浮上ヘッドスライダを備えたことを特徴とする磁気ディスク装置。

## 【請求項 6】

前記正圧発生部の前記各面の高さが、流入端に近いものほど前記負圧発生部の深部の溝深さに近くなるように設定されている

ことを特徴とする請求項 5 に記載の磁気ディスク装置。

## 【請求項 7】

前記正圧発生部の前記各面の高さの一つが、非ミリング面である

ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の磁気ディスク装置。

## 【請求項 8】

前記正圧発生部の隣り合うどうしの少なくとも一組の 2 つの前記面のうち、溝深さのより深い一方の面の領域を他方の面の領域で部分的に囲った

ことを特徴とする請求項 5 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の浮上ヘッドスライダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、磁気ディスク等の回転する記録媒体に対して情報の書込み或いは読込みをする記録再生ヘッドを保持する浮上ヘッドスライダおよびこれを搭載する磁気ディスク装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

図 25 に示すように、磁気ディスク装置の浮上ヘッドスライダ（以降、単に「スライダ」と呼ぶ）S1 は、溝深さの異なるパターンが形成されたディスク対向面（以降、「ABS」と呼ぶ）によってディスク表面 D とスライダ S1 のディスク対向面との間に発生する浮上力と、スライダ S1 がサスペンションから印加されている荷重 W とが釣り合って定常安定浮上しており、現在、ディスクとスライダとのすきまの最も小さいところは、10 数 [nm] という極小量である。

## 【0003】

一般的に、スライダの ABS には、リーディングパッド、2 つのサイドパッドおよびトレイリングパッドの 4 つの正圧発生部があり、そこで効率よく正圧を発生させるために各パッドの流入端側に、前述の正圧発生部と溝深さの異なる正圧ステップが配置されている。また、この種のスライダは、減圧時の浮上量低下、浮上量の周速および半径位置依存性

10

20

30

40

50

、および耐衝撃性を向上させるために、負圧を積極的に使った負圧スライダが一般的であり、それには前述の正圧ステップよりさらに溝深さの深い負圧キャビティと呼ばれる負圧発生部が配置されている。

#### 【0004】

また、現在のABSはフォトリソグラフィを用いて形成されているが、各部分の溝深さ（「ミリング深さ」とも言う）は、リーディングパッド、サイドパッド、トレーリングパッドが0、正圧ステップが約100[nm]、負圧キャビティが約1500[nm]となっている。

#### 【0005】

さらに、スライダとディスクとの物理的なすきまには大きく分けて、記録再生素子とディスク表面とのすきまを表す素子浮上量と、スライダとディスクの最も小さいすきまを表す最低浮上量の2種類があり、それぞれ磁気特性および機械特性を表す量として使い分けられている。なお通常スライダはディスクに対してピッチ角およびロール角がついた状態で浮上しているため、素子浮上量と最低浮上量は一般的に異なる。

#### 【0006】

磁気ディスク装置において、機械的信頼性（主にヘッドとディスクとの接触に起因する不具合を回避すること）を保証するためには、前述の最低浮上量を一定以上に確保する必要がある。最低浮上量は主に（1）製造誤差による浮上量ばらつき、（2）ヘッドシーク時に生じる浮上量低下、（3）減圧時に生じる浮上量低下（以降、これを「減圧特性」と呼び、低下量が小さい場合を減圧特性が良いと表記する）に起因して低下するため、これらを十分に考慮して設計、製造する必要がある、これらの浮上量低下を抑制するための工夫が数多くなされている。

#### 【0007】

いずれの浮上量低下要因も磁気記録装置の信頼性を確保する上では重要であるが、近年、磁気ディスク装置がモバイル機器等に数多く搭載され、従来以上に様々な環境で利用されている状況を考慮すると、高地における減圧環境下での信頼性評価指標である減圧特性を向上させることが、最も重要な項目であるといえる。

#### 【0008】

減圧特性低下、すなわち減圧環境下での最低浮上量低下とは、減圧環境下での空気密度の減少にともなう発生浮上力の減少に起因している。減圧環境下では空気の密度が小さくなるので、常圧時と同じ浮上姿勢・すきまでは、スライダを浮上させている圧力が小さくなり、浮上力が小さくなる。よって荷重と浮上力を釣り合わせるために、常圧時と同じ浮上力を得るまでスライダの浮上姿勢、浮上すきまが下らざるを得ず、この浮上すきまの低下を減圧特性の低下と呼んでいる。

#### 【0009】

この減圧特性の低下を抑制するために手段の一つは、スライダの流出端、すなわち記録再生素子近傍に配置されトレーリングパッドで発生する正圧を増大させることであり、年々低下する浮上量に伴ってトレーリングパッドの正圧は増大してきているといえる。しかし、同時にスライダのサイズの減少も進んでおり、それに伴ってパッド面積も減少せざるを得ないため、耐衝撃性能維持のために荷重を小さくできないことを考えれば、トレーリングパッドでの正圧増大には限界がある。

#### 【0010】

ところが、減圧時のスライダの浮上姿勢（ピッチ角、ロール角）と浮上すきま（素子浮上量または最低浮上量）に注目すれば、その変化を積極的に利用することによって、減圧特性を向上させることが可能である。以下にその理由を説明する。

#### 【0011】

第一にロール角であるが、通常のスライダの幅方向の中心に記録再生素子を搭載するスライダでは、ロール角が大きくなると、素子浮上量は変化しないのに対して、最低浮上量は低下してしまう。よって、ロール角の増大を抑えることが減圧特性を向上させるために必要である。

10

20

30

40

50

## 【0012】

次にピッチ角であるが、一般にリーディングパッドとトレーリングパッドでは浮上すきまが異なるため、減圧時の浮上量低下はリーディングパッドの方が大きい、すなわちピッチ角の低下は避けられない関係にある。しかし同時に、ピッチ角が小さくなれば最低浮上量は同時に増大する関係にもある（素子浮上量も同様）。

## 【0013】

よって、リーディングパッドとトレーリングパッドの間に比較的大きな圧力を発生させる正圧パッドを設け、そのパッドにおける正圧発生中心点周りにスライダが回転するように設計すれば、最低浮上量および素子浮上量の低下を抑制することが可能となる。そして、リーディングパッドとサイドパッドの中間に配置する正圧パッドは、前述のロール角の抑制を考慮すると、スライダの長手方向に対して左右に配置されたサイドパッドが最適であるといえる（たとえば特許文献1を参照）。

10

【特許文献1】特開2002-163815号公報（段落0047など）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0014】

このように、減圧特性を向上させるためには減圧時のピッチ角低下を利用することが重要であり、そのためには大きな正圧を発生させるサイドパッドを、リーディングパッドとトレーリングパッドの中間に配置することが必要である。ただし、一般的にこのサイドパッドの正圧を増大させるためには、よりパッド面積を大きく、かつ流出端側に配置することが好ましいが、以下に述べる設計制約を十分に考慮する必要がある。

20

## 【0015】

まず、一般的な負圧スライダでは、効率よく負圧を発生させるために、リーディングパッドおよびサイドパッドで囲まれた負圧キャビティを有しており、ここで発生する負圧量の総和は、負圧キャビティの溝深さおよび負圧キャビティの面積によってほぼ決定される。よって、減圧特性の向上、耐衝撃性能向上のためにより大きな負圧を発生させようとするれば、負圧キャビティの面積を大きくすることが必要であり、そのためにはサイドパッドはスライダの幅方向にできる限り細い形状であることが好ましい。

## 【0016】

また、負圧キャビティで発生させる負圧を増大させると一般的にピッチ角が下がってしまうため、それに対抗する正圧をリーディングパッドで発生させる必要がある。よってサイドパッドは必要となるリーディングパッド面積が確保できるように、あまり流入端側に大きくすることはできない。

30

## 【0017】

さらに、サイドパッドをあまり流出端側に配置してしまうと、サイドパッド流出端とディスク面とのすきまが小さくなるため、突発的なスライダの浮上量変化または姿勢変化が生じた場合にサイドパッドがディスク面に衝突し、装置信頼性の低下を引き起こしてしまう。よってサイドパッドの流出端側の配置も制限を受ける。特にサイドパッドはスライダ幅方向の両端に配置するため、ロール角がついたときにディスク面に衝突しやすい。

## 【0018】

このように、減圧特性向上の点からサイドパッドは極力大きな正圧を発生させることが好ましいものの、上記3点の設計制約があるため、面積を大きくして正圧発生量を増大させることはできない。よって、単位面積あたりの正圧発生量（以降、「正圧発生効率」と呼ぶ）を増大させることが必要となる。

40

## 【0019】

このように正圧発生効率の高いサイドパッドを導入すれば、減圧特性が向上するだけでなく、製造誤差などで生じるロールモーメントを支えることができるため、それによるロール角変化を小さくすることができる。すなわち、素子浮上量に対する最低浮上量の低下を抑制でき、装置信頼性の向上につながる。

## 【0020】

50

さらに、そのようなサイドパッドは所望の圧力を小さい面積で実現できるため、f e m t o スライダ（幅×長さ×高さ＝0.7×0.85×0.3 [mm]）のような、より小さいスライダで有効である。

#### 【0021】

本発明は、このような事情を鑑み、サイドパッドの正圧発生効率を高めてスライダの減圧特性を向上させることのできる浮上ヘッドスライダおよび磁気ディスク装置を提供することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0022】

上記の課題を解決するために、本発明の浮上ヘッドスライダは、ディスク対向面に対してほぼ平行でかつ高さの異なる3種類以上の面を有し、流れの方向に対して直交する方向に負圧発生部の深部を挟んで対向するように配置された一対の正圧発生部を有することを特徴とする。

10

#### 【0023】

ここで、正圧発生部の各面の高さは、流入端に近いものほど負圧発生部の深部の溝深さに近くなるように設定される。また、正圧発生部の各面の高さの一つは非ミリング面としている。

#### 【0024】

より具体的には、非ミリング面より一段低い面の非ミリング面からの深さは50～200 [nm] の範囲、さらに一段低い面の非ミリング面からの深さは100～700 [nm] の範囲とする。

20

#### 【0025】

そして、正圧発生部の隣り合うどうしの少なくとも一組の2つの面のうち、溝深さのより深い一方の面の領域を他方の面の領域で部分的に囲うことで、サイドパッドの正圧発生効率をより一層向上させることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0026】

本発明の浮上ヘッドスライダおよび磁気ディスク装置によれば、サイドパッドの正圧発生効率を高めてスライダの減圧特性を向上させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

30

#### 【0027】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面に基づき説明する。

#### 【0028】

図1は、本発明の一実施形態に係る浮上ヘッドスライダが搭載された磁気ディスク装置を示す斜視図、図2は、この磁気ディスク装置が備えるヘッドアームアセンブリを示す平面図、図3は、ヘッドアームアセンブリの先端部に支持された浮上ヘッドスライダを示す斜視図である。

#### 【0029】

図1に示すように、磁気ディスク装置1は、上面の開口した矩形箱状のケース2と、このケース2の上面を覆うようにこのケース2に例えばねじ止めされるトップカバー（図示せず）とを備えている。ケース2内には、ディスク状の記憶媒体である例えば2枚のディスク（プラッター）3と、このディスク3を支持及び回転させるディスク駆動機構としてのスピンドルモータ4と、ヘッドアクチュエータ25とが配置されている。ここで、ディスク3には、例えば直径65mm（2.5インチ）で、両面に磁気記録層がそれぞれ設けられたプラッターが採用されている。これらのディスク3は、スピンドルモータ4のハブ（図示せず）の外周に嵌合されているとともに、クランプばね11によって固定されている。つまり、2枚のディスク3は、スピンドルモータ4を駆動することで一体的に回転する。

40

#### 【0030】

ヘッドアクチュエータ25は、ヘッドアームアセンブリ15を複数積層して構成される

50

キャリッジ 6 と、このキャリッジ 6 を回動自在に支持する軸受ユニット 1 2 と、キャリッジ 6 を駆動するボイスコイルモータ 8 とを備えている。ヘッドアームアセンブリ 1 5 は、ディスク 3 に対する信号の読み書きを行うヘッド（磁極素子）を搭載した後述する浮上ヘッドスライダ 5 及びタブ 2 3 を先端部に備えたサスペンション 2 0 と、このサスペンション 2 0 を先端に支持するアーム 7 とから構成される。

#### 【 0 0 3 1 】

キャリッジ 6 を支持する上記軸受ユニット 1 2 には、ケース 2 の底壁に対し垂直に立設されたベアリングシャフト 1 3 と、ベアリングシャフト 1 3 に一对の軸受を介して回転自在に支持された円筒形状のハブ 1 4 とが設けられている。ボイスコイルモータ 8 は、ヘッドアクチュエータ 2 5 の基端部の支持枠 1 6 に固定されたボイスコイル 1 7 と、ボイスコイル 1 7 を挟み込むようにケース 2 上に固定された一对のヨーク 1 8 と、一方のヨーク 1 8 に固定された磁石 1 9 とを備えている。

#### 【 0 0 3 2 】

さらに、ケース 2 内には、浮上ヘッドスライダ 5 がディスク 3 の外周部に移動した際、上記タブ 2 3 と摺動してヘッドをディスク 3 から離間した所定の退避位置において保持するランプ 9 と、ヘッドドライバ IC 等が搭載された基板ユニット 1 0 とが収容されている。また、このケース 2 の部品収容部の裏側には、基板ユニット 1 0 を介してスピンドルモータ 4、ボイスコイルモータ 8、及びヘッドの制御を行うための CPU、メモリ、HDD コントローラ、その他の回路を搭載したプリント回路基板（図示せず）がねじ止め等によって装着されている。

#### 【 0 0 3 3 】

次に、本発明の主要部であるスライダ 5 の詳細について説明する。

#### 【 0 0 3 4 】

図 4 はスライダ 5 を示す斜視図、図 5 はその平面図である。

これらの図に示すように、ABS には、トレーリングパッド 3 1、2 つのサイドパッド 3 2、3 2 およびリーディングパッド 3 3 の 4 つの正圧発生部が設けられている。これらの正圧発生部はそれぞれ、正圧の発生効率を向上させるために、面の溝深さが異なる複数の領域で構成されている。

#### 【 0 0 3 5 】

すなわち、トレーリングパッド 3 1 は、たとえば、スライダ製造過程において最後までミリングが施されない面（非ミリング面）などからなる一段目のトレーリングパッド領域 3 1 a と、一段目のトレーリングパッド領域 3 1 a の流入端側に配置され、一段目のトレーリングパッド領域 3 1 a よりも面の位置が低い二段目のトレーリングパッド領域（正圧ステップ）3 1 b とで構成されている。

#### 【 0 0 3 6 】

サイドパッド 3 2 は、非ミリング面などからなる一段目のサイドパッド領域 3 2 a と、一段目のサイドパッド領域 3 2 a の流入端側に配置され、この一段目のサイドパッド領域 3 2 a よりも面の位置が低い二段目のサイドパッド領域（第 1 の正圧ステップ）3 2 b と、この二段目のサイドパッド領域 3 2 b よりも流入端側に配置され、この二段目のサイドパッド領域 3 2 b よりもさらに面の位置が低い（溝深さが深い）三段目のサイドパッド領域 3 2 c（第 2 の正圧ステップ）とで構成されている。

#### 【 0 0 3 7 】

リーディングパッド 3 3 は、非ミリング面などからなる一段目のリーディングパッド領域 3 1 a と、この一段目のリーディングパッド領域 3 1 a の流入端側に配置され、この一段目のリーディングパッド領域 3 1 a よりも面の位置が低い二段目のリーディングパッド領域（正圧ステップ）3 3 b とで構成されている。

#### 【 0 0 3 8 】

また、トレーリングパッド 3 1、2 つのサイドパッド 3 2、3 2 およびリーディングパッド 3 3 で囲われた領域は、上記各パッド領域の面の位置よりもさらに低い（溝深さが深い）、負圧キャビティ 3 4 と呼ばれる負圧発生部となっている。



## 【0039】

次に、上記のように多段化されたサイドパッド32a、32aの特性について説明する。

## 【0040】

図6ないし図8は、各種サイドパッドの発生力を、二段目以降のサイドパッド領域32b、32cの溝深さと段の位置を変えてそれぞれ計算した結果を示している。

## 【0041】

計算に用いたサイドパッドは、非ミリング面から溝深さ1.5[um]の負圧キャビティをもったFemtoサイズのスライダにおいて、その流入端がリーディングエッジから265[um]、大きさが120[um]\*400[um]とした。なお、周速およびスキュー角は4200rpm2.5インチHDDの中周部の条件である、8.8[m/s]および0[deg]とし、浮上姿勢は、同じく4200rpm2.5インチHDDの中周部の条件である、ピッチ角150[urad]、浮上量10[nm]とした。

10

## 【0042】

サイドパッドが全て非ミリング面で構成された場合を計算すると、発生力は7.23[mN]であった。

## 【0043】

図6は、従来の2段で構成されたサイドパッド42の発生力を、二段目のサイドパッド領域42bの溝深さと段の位置を変えて計算した結果を示している。非ミリング面である一段目のサイドパッド領域42aと二段目のサイドパッド領域42bとの境界線の位置を、サイドパッド132の流入端より距離50[um]から250[um]までの間で変更し、二段目のサイドパッド領域42bの非ミリング面である一段目のサイドパッド領域42aの面からの溝深さを100[nm]から200[nm]まで変化させた。その結果、二段目のサイドパッド領域42bの長さが50[um]、溝深さが150[nm]のときに最大発生力は15.9[mN]となった。

20

## 【0044】

図7は、図4と同様に3段で構成されたサイドパッド52の発生力を、二段目のサイドパッド領域52bおよび三段目のサイドパッド領域52cそれぞれの、非ミリング面（一段目のサイドパッド領域52aの面）からの溝深さを変更しつつ計算した結果を示している。ただし、三段目のサイドパッド領域52cはサイドパッド52の流入端から50[um]までの領域として固定し、二段目のサイドパッド領域52bをサイドパッド52の流入端より50[um]から100[um]までの範囲とした。

30

## 【0045】

この結果、発生力は、2段で構成されたサイドパッド42の場合の発生力を大きく上回って、およそ16[mN]から19.3[mN]の範囲となり、最大発生力は、二段目のサイドパッド領域52bの非ミリング面からの溝深さを100[nm]、三段目のサイドパッド領域52cの非ミリング面からの溝深さを300[nm]とした場合に最大で、19.3[mN]となった。

## 【0046】

図8は、図7のサイドパッドの段数をさらに1段増やして4段に構成した例であり、4段目のサイドパッド領域52dはサイドパッド52の流入端より100[um]から150[um]までの範囲とした。この場合、最大発生力は、二段目のサイドパッド領域52bの非ミリング面からの溝深さを100[nm]、三段目のサイドパッド領域52cの非ミリング面からの溝深さを300[nm]、4段目のサイドパッド領域52dの非ミリング面からの溝深さを600[nm]とした場合に最大で、19.9[mN]となった。

40

## 【0047】

以上の解析により、3段のサイドパッドは2段のものよりも最大発生力が飛躍的に大きくなり、さらに流入側にいくほど溝深さが深くなるように段を追加すれば、より一層大きな発生力が得られることが確認できた。

## 【0048】

50

次に、サイドパッドの二段目、三段目のサイドパッド領域を非ミリング面の領域で部分的に囲む構成について説明する。

【0049】

図9(a)は、図9(b)に示すように、非ミリング面である一段目のサイドパッド領域62の流入端に凹部35を設けて、ABS面上で、サイドパッド62の二段目のサイドパッド領域62bを非ミリング面の領域によって部分的に囲った場合の発生力を計算した結果を示している。

【0050】

この結果、三段目のサイドパッド領域62cおよび二段目のサイドパッド領域62bの非ミリング面からの溝深さをどの値に設定した場合においても、囲われていない場合（ただし、三段目のサイドパッド領域62cの溝深さを300[nm]に設定した場合）の発生力を上回っており、サイドパッド62の二段目のサイドパッド領域62bをサイドパッド62の非ミリング面の領域で部分的に囲むことにより、発生力を大きくできることが分かった。

【0051】

また、図10(a)は、図10(b)に示すように、非ミリング面である一段目のサイドパッド領域62の流入端に凹部35を設けて、ABS面上で、サイドパッド62の二段目のサイドパッド領域62bを非ミリング面で部分的に囲うとともに、二段目のサイドパッド領域62bの流入端に凹部36を設けて、ABS面上で、サイドパッド62の三段目のサイドパッド領域62cを二段目のサイドパッド領域62bで部分的に囲った場合の発生力を計算した結果を示している。

【0052】

これによると、二段目のサイドパッド領域62bの非ミリング面からの溝深さを適切に選択すれば、さらに発生力を大きくできることがわかった。

以上より、サイドパッドの発生力を高くするには、

(1) 多段化する。

(2) 二段目のサイドパッド領域を非ミリング面の領域で部分的に囲み、三段目のサイドパッド領域を二段目のサイドパッド領域で部分的に囲う。

ということが有効であることがわかった。

【0053】

以上、サイドパッドの多段溝構成について説明してきたが、このような多段溝構成は、サイドパッドのみならずABSの他の部分へも適用することができる。以下に、その適用例を説明する。

【0054】

図11は、サイドパッド32の流出端に、サイドパッド32の三段目のサイドパッド領域32cと同じ高さのステップ部37を延長して設けたものである。以降、このステップ部37を「スカート」と呼ぶ。このようにサイドパッド32の流出端にスカート37を延長して設けたことで、スカート37とトレーリングパッド31との間の領域38が、負圧キャビティ34の領域として加わり、負圧キャビティ34の面積が増大する。これにより、スライダ5の受ける負圧が増大し、減圧特性の向上および耐衝撃性の向上が望める。

【0055】

また、このスカート37の領域の非ミリング面からの溝深さは、サイドパッド32の三段目のサイドパッド領域32cのそれと同じ値に設定されている。すなわち、三段目のサイドパッド領域32cを複数回のミリング工程を通じて得る際に同時にスカート37の領域も得ることができる。

【0056】

スカート37はスライダ5の流出端近傍に配置されるため、スカート37の流出端とディスク表面との接触が懸念されるが、この実施形態のスライダ5では、二段目のサイドパッド領域32bの溝深さと三段目のサイドパッド領域32cの溝深さの選択肢が用意されているので、非ミリング面からの溝深さがより大きい三段目のサイドパッド領域32cの

10

20

30

40

50

溝深さをスカート 37 の溝深さに設定することで、スカート 37 の溝深さを得るためのミリング工程を別途要することなく、ディスク表面とのすきまを大きくとることのできるスカート 37 を得ることができ、スカート 37 の存在がスライダ浮上量を下げざるを得なくすることを回避できる。

#### 【0057】

図 12 は、負圧発生部である負圧キャビティ 34 に多段溝構成を適用したものである。

一般的に、より大きい正圧と負圧の差によって所望の空気膜浮上力を得るようにすれば、浮上量の気圧、周速、半径位置依存性を抑制できることが知られている。そこで、サイドパッドの正圧発生位置近傍でより大きな負圧を発生させるようにすれば、サイドパッドを大きな正圧と負圧で支えることになり、サイドパッド浮上量の抑制、すなわち減圧特性の向上につながることを予想される。

10

#### 【0058】

その具体的な手段としては、図 12 に示すように、負圧キャビティ 34 のリーディング側に、あまり負圧の発生しない溝の浅い領域（以降この領域を「負圧不感帯」と呼ぶ）40 を設けることが考えられる。この例では、負圧キャビティ 34 の非ミリング面からの溝深さを 1500 [nm] とし、負圧不感帯 40 の非ミリング面からの溝深さは 200 [nm] とされている。

#### 【0059】

このように、負圧キャビティ 34 の流入端側に負圧不感帯 40 を設けることによって、負圧の発生中心をよりトレーリング側、すなわちサイドパッド 32 の近傍に移動させることができる。

20

#### 【0060】

負圧不感帯 40 があるスライダとないスライダの各々について、リーディングパッド 33、サイドパッド 32、トレーリングパッド 31 での正圧発生量を計算した結果を図 13 に、負圧発生部 34 のリーディング側部、トレーリング側部での負圧発生量を計算した結果を図 14 に、そして、正圧と負圧のそれぞれの発生中心位置のリーディング端からの距離を図 15 にそれぞれ示す。負圧不感帯 40 は、負圧発生部 34 のリーディング側部に配置されているものとする。

#### 【0061】

この結果によると、負圧不感帯 40 を持たないために減圧特性の悪いスライダではサイドパッド 32 での発生力に対してトレーリングパッド 31 での発生力が大きいものに対して、負圧不感帯 40 を有する減圧特性の良いスライダではその逆になっており、トレーリングパッド 31 でサイドパッド 32 より大きな正圧が発生していることがわかる。また、負圧の発生位置を比較すると、負圧不感帯 40 を有するスライダでは、負圧不感帯 40 を持たないスライダに比べ、負圧の発生中心位置がトレーリング側、すなわちサイドパッド 32 での正圧の発生位置（たとえば 0.790 [mm] 付近）に近づく方向に移動している。

30

#### 【0062】

図 16 は、負圧不感帯の溝深さと減圧特性との関係を示している。従来型の 2 段溝スライダでは、別途ミリング工程を設けない限り、リーディングパッドおよびトレーリングパッドの二段目の領域と同じ溝深さの負圧不感帯しか設けられない。このため、負圧不感帯の溝深さには、リーディングパッドおよびトレーリングパッドの二段目の領域の非ミリング面からの溝深さである 100 [um] しか選択の余地がなく、良好な減圧特性が望めない。これに対し、本発明を適用した多段溝スライダでは、サイドパッド 32 の三段目のサイドパッド領域 32c の溝深さ（たとえば 326 [um]）や、このサイドパッド 32 の二段目のサイドパッド領域 32b から三段目のサイドパッド領域 32c を得る際のミリング量（たとえば 200 [um]）を、負圧不感帯の溝深さの選択肢として採用することが可能となり、減圧特性の優れたスライダを実現することが可能である。

40

#### 【0063】

図 17 は、サイドパッド 32 の流出端側に、負圧キャビティ 34 よりも深い深溝部（以

50

降、この深溝部を「テールキャビティ」と呼ぶ) 39を設けたものである。図18に、このテールキャビティ39の部分の断面を示す。このテールキャビティ39を有するスライダとテールキャビティ39を持たないスライダについて浮上量の計算を行うと、テールキャビティ39があるスライダの方が、常圧時の浮上量に対する減圧時の浮上量低下のパーセンテージで約2%減圧特性が向上し、サイドパッド32の流出端にテールキャビティ39を配置することによって、さらに減圧特性を向上させることが可能と考えられる。

#### 【0064】

以下にその理由を説明する。図19にテールキャビティ39を有するスライダとテールキャビティ39を持たないスライダの浮上量および姿勢を固定してサイドパッド32およびトレーリングパッド31の発生力を計算した結果を示す。これによると、テールキャビティ39の有無および溝深さにかかわらず、サイドパッド32での発生力は変化しないものの、テールキャビティ39があり、かつ溝深さが4.0[ $\mu\text{m}$ ]以上に深い場合には、トレーリングパッド31の発生力が大きくなっていることがわかる。

#### 【0065】

前述したように、減圧特性を向上させるためには、(1)トレーリングパッド31で大きな正圧を発生させる、(2)サイドパッド32で大きな圧力を発生させピッチング変化を利用するという2つの方法があるが、この場合は(1)が当てはまっているため、減圧特性が良くなっている。

#### 【0066】

また、テールキャビティ39がない場合の正圧の分布とある場合の正圧の分布とを比較すると、テールキャビティ39のあるほうが、トレーリングパッド31での正圧が大きくなっていることが確認された。また、負圧を比較すると、テールキャビティ39のあるほうがトレーリングパッド31近傍の負圧量が減っていることがわかる。この理由は、負圧キャビティの溝深さには、負圧キャビティが配置されている場所のすきまに応じた最適値が存在するが、テールキャビティ39のような深い溝を作ってしまうと、それがないときと比べて負圧の発生量が減ってしまい、そのためトレーリングパッド近傍での正圧が大きくなるということである。

#### 【0067】

次に、ミリング面を多段化する手法について説明する。

#### 【0068】

マスキング、ミリング、マスク除去のサイクルを3サイクル行うことで、4種類以上の高さのミリング面を有するスライダ5を得ることができる。

#### 【0069】

第1のミリング工程では、図20に示すように、ABSを形成すべきスライダ本体50の表面の一段目のトレーリングパッド領域31a、一段目のサイドパッド領域32a、一段目のリーディングパッド領域33a、負圧不感帯40となる領域(図20中の非ハッチング部分)に第1のマスクを配置し、この第1のマスクから露出(開口)する二段目のリーディングパッド領域33b、二段目のサイドパッド領域32b、三段目のサイドパッド領域32c、負圧キャビティ34、二段目のリーディングパッド領域33bになる各領域(図20中のハッチング部分)に第1の深さ例えば126[nm]でミリングが行われる。

#### 【0070】

次に、第2のミリング工程では、図21に示すように、第1のマスクの除去後、スライダ本体50の二段目のリーディングパッド領域33b、一段目のリーディングパッド領域33a、一段目のサイドパッド領域32a、二段目のサイドパッド領域32b、二段目のトレーリングパッド領域31b、一段目のトレーリングパッド領域31aになる各領域(図21中の非ハッチング部分)に第2のマスクを配置して、この第2のマスクから露出する負圧不感帯40、三段目のサイドパッド領域32c、負圧キャビティ34になる各領域(図21中のハッチング部分)に第1の深さよりも深い第2の深さ例えば200nmでミリングが施される。

10

20

30

40

50

## 【0071】

第3のミリング工程では、図22に示すように、第2のマスクの除去後、スライダ本体50の一段目のリーディングパッド領域31a、二段目のリーディングパッド領域31b、負圧キャビティ34、一段目のトレーリングパッド領域31a、二段目のトレーリングパッド領域31bになる各領域（図22中の非ハッチング部分）に第3のマスクを配置し、この第3のマスクから露出する負圧キャビティ34の領域（図22中のハッチング部分）に第1、第2の深さよりも深い例えば1174[nm]でミリングが施される。

## 【0072】

図23は、以上3回のミリング工程で得られる各領域面の溝深さを示している。このように、ここでは、3回のミリング工程で、126[nm]、200[nm]、326[nm]、1500[nm]の4種類以上の溝深さのミリング面（ミリング面）を得ている。ただし、図23に示されないその他のマスキングパターンを含めると、1174[nm]、1300[nm]、1374[nm]といった溝深さも得ることができる。つまり、3回のミリング工程で、溝深さ=0（非ミリング面）を含め径8（2の3乗）通りの溝深さが得られる。

## 【0073】

次に、マスクルールについて説明する。

## 【0074】

図24(a)、(b)に示すように、ミリングの際には、スライダのABSにマスクずれに起因して薄い壁60や深い溝61が極力形成されないようにする必要がある。

## 【0075】

すなわち、図24(a)に示すように、非ミリング面55を2工程でミリングし互いに隣接するミリング面56、57を形成する場合、一方のマスクの開口部58と他方のマスクの開口部59とのアライメントがずれ、隙間が空いてしまった際には、この隙間部分が掘削されず、薄い壁60となって残存する。薄い壁60が形成されてしまうと、ステップ面に流れるべき空気流がせき止められるので、浮上性能に悪影響が及ぼされる。また、特に、薄い壁60の頂点が非ミリング面になる場合、非ミリング面は、磁気ディスク側に近いので、ディスクを傷付けてしまう原因となり得る。

## 【0076】

また、図24(b)に示すように、一方のマスクの開口部64と他方のマスクの開口部63とが重なり合っている場合には、このラップ部分が深く掘削され（本来は片方でよいミリングが両方でミリングされ）、深い溝61として形成される。細い溝には、ミリング工程や、マスク剥離工程で影になり、塵埃がたまり易い。また、磁気ディスク装置本体に取り付けられた後でも、塵埃がたまり易く装置の信頼性を低下させる要因となる。そこで、マスクのパターンに次のようなルールを設ける。すなわち、スライダの表面から加工されたミリング深さの異なるミリング面どうしが互いに隣接する配置となる場合、深いミリング面が形成される領域は、深いミリング加工を施す前に、少なくとも浅いミリング面が形成されるミリング工程で同時に浅いミリング加工が先に施されることとする。

## 【0077】

つまり、図24(a)を参照しつつ説明すると、深いミリング面57が形成される領域部分に、ミリング加工を施す前に、少なくとも浅いミリング面56が形成されるミリング工程で同時に浅いミリング加工を先に施すこととする。これにより、薄い壁60が残存してしまうことを防止できる。

## 【0078】

また、上記ルールを満足できない場合には、図24(b)に示すように、深いミリング面57および浅いミリング面56の各領域にそれぞれ形成されるマスクの開口部64、63が、敢えて重なるようにそれぞれマスクを形成する。これにより、細い溝61が形成されることを犠牲にしても、薄い壁60が少なくとも形成されてしまうことを防止する。

## 【0079】

尚、本発明は、上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱し

10

20

30

40

50

ない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】本発明の一実施形態に係る浮上ヘッドスライダが搭載された磁気ディスク装置を示す斜視図である。

【図2】図1の磁気ディスク装置が備えるヘッドアームアセンブリを示す平面図である。

【図3】ヘッドアームアセンブリの先端部に支持された浮上ヘッドスライダを示す斜視図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る浮上ヘッドスライダを示す斜視図である。

【図5】図4の浮上ヘッドスライダのABS平面図である。

【図6】2段構成サイドパッドの発生力の計算結果を示す図である。

【図7】3段構成サイドパッドの発生力の計算結果を示す図である。

【図8】4段構成サイドパッドの発生力の計算結果を示す図である。

【図9】二段目サイドパッド領域を非ミリング面領域で部分的に囲った場合の発生力の計算結果を示す図である。

【図10】二段目サイドパッド領域を非ミリング面領域で部分的に囲うとともに三段目サイドパッド領域を二段目サイドパッド領域で部分的に囲った場合の発生力の計算結果を示す図である。

【図11】多段溝構成の応用として、サイドパッドの流出端にスカートを延長して設けた例を示す平面図である。

【図12】多段溝構成の応用として、負圧キャビティ34に負圧不感帯を設けた例を示す図である。

【図13】図12の負圧不感帯の正圧発生量に与える影響を示す図である。

【図14】図12の負圧不感帯の負圧発生量に与える影響を示す図である。

【図15】図12の負圧不感帯の正圧と負圧のそれぞれの発生中心位置に与える影響を示す図である。

【図16】負圧不感帯の溝深さと減圧特性との関係を示す図である。

【図17】多段溝構成の応用として、サイドパッド32の流出端側にテールキャビティを設けた例を示す平面図である。

【図18】テールキャビティの部分の断面図である。

【図19】テールキャビティがサイドパッドおよびトレーリングパッドの発生力に与える影響を示す図である。

【図20】ミリング面の多段化における第1のミリング工程のマスク領域を示す図である。

【図21】ミリング面の多段化における第2のミリング工程のマスク領域を示す図である。

【図22】ミリング面の多段化における第3のミリング工程のマスク領域を示す図である。

【図23】3回のミリング工程で得られる溝深さを示す図である。

【図24】マスクルールについて説明するための図である。

【図25】浮上ヘッドスライダの浮上の原理を説明する図である。

【符号の説明】

【0081】

1…磁気ディスク装置、5…スライダ、31…トレーリングパッド、32…サイドパッド、32a…一段目のサイドパッド領域、32b…二段目のサイドパッド領域、32c…三段目のサイドパッド領域、33…リーディングパッド、34…負圧キャビティ、35、36…凹部、37…スカート、39…テールキャビティ、40…負圧不感帯

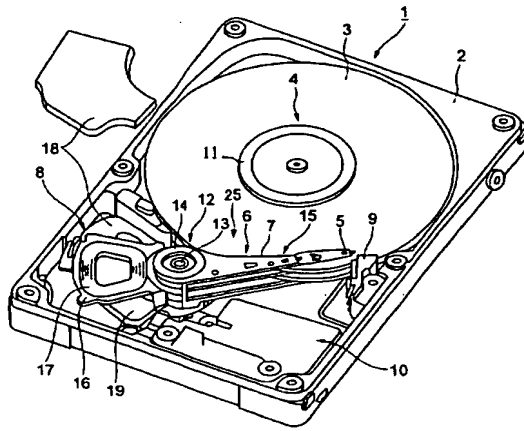
10

20

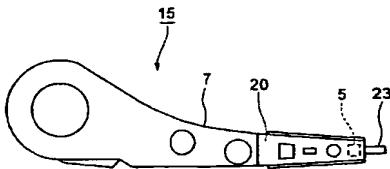
30

40

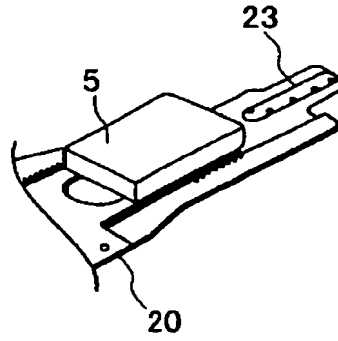
【図1】



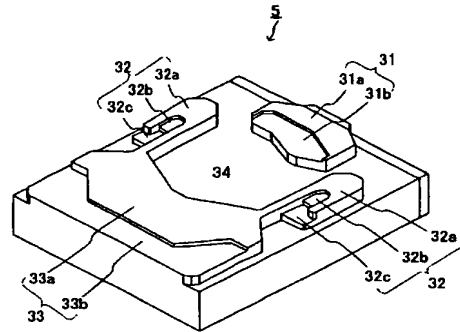
【図2】



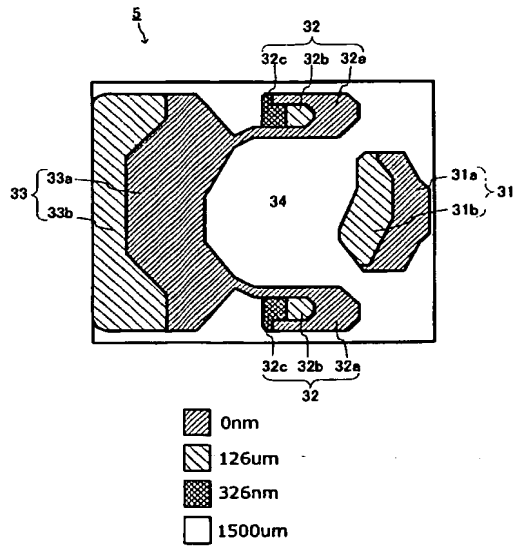
【図3】



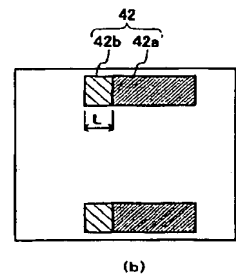
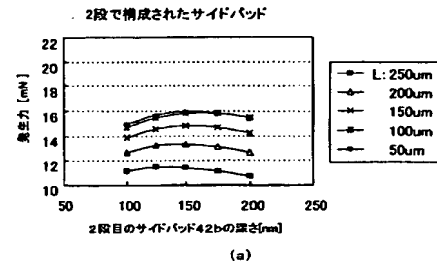
【図4】



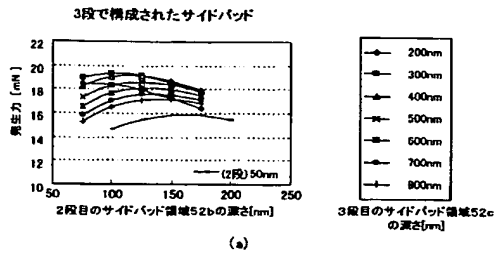
【図5】



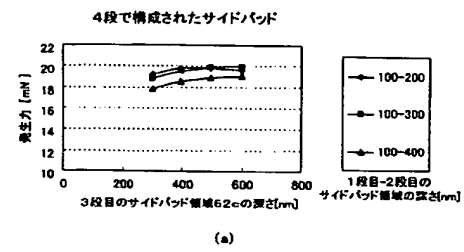
【図6】



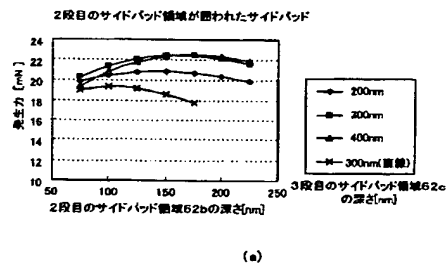
【図 7】



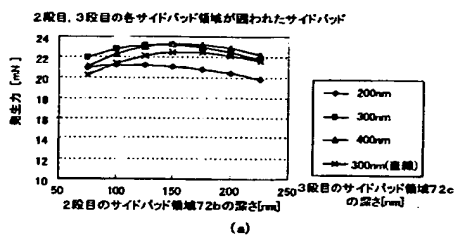
【図 8】



【図 9】

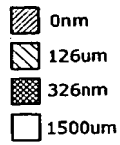
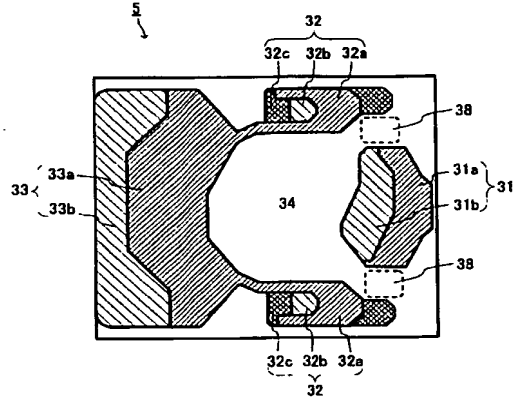


【図 10】

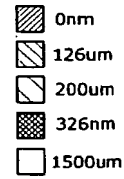
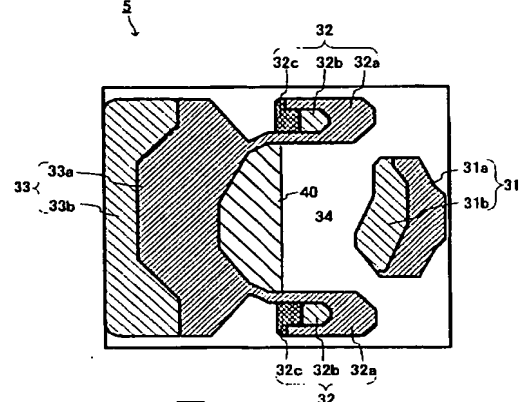




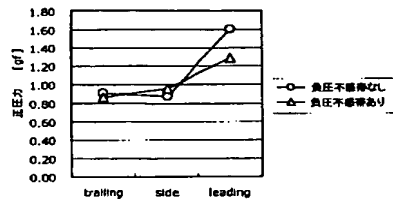
【図 1 1】



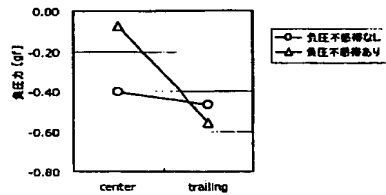
【図 1 2】



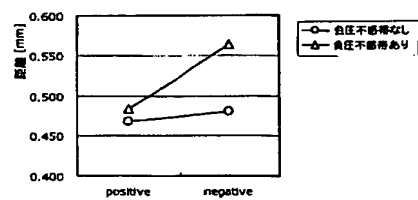
【図 1 3】



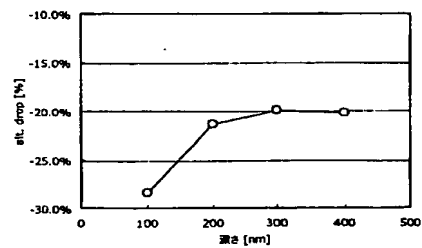
【図 1 4】



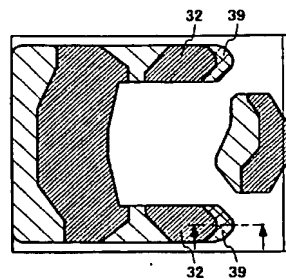
【図 1 5】



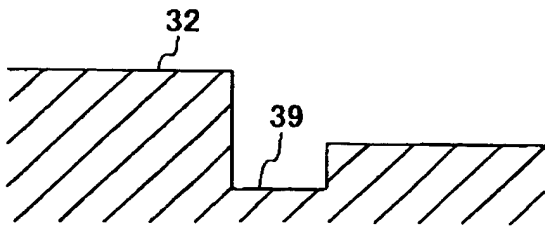
【図 1 6】



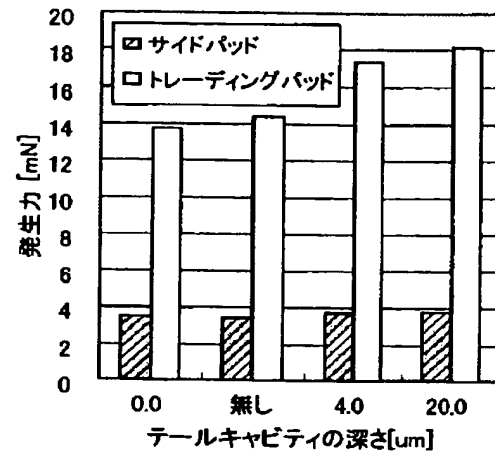
【図 1 7】



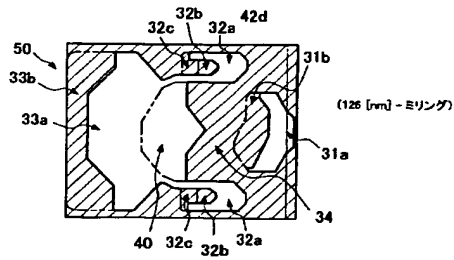
【図 18】



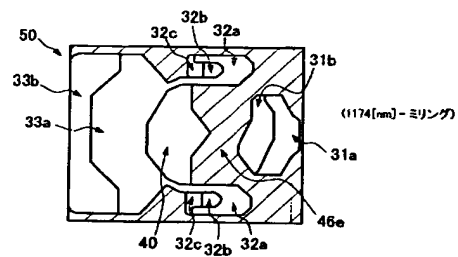
【図 19】



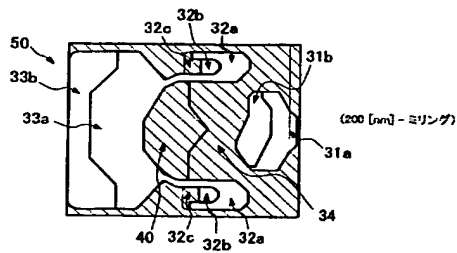
【図 20】



【図 22】



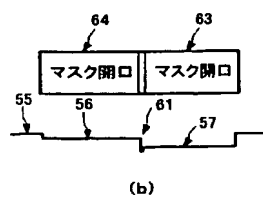
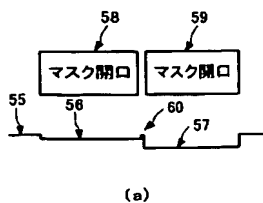
【図 21】



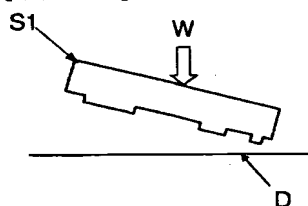
【図 23】

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
126[nm]ミリング	マスク	掘削	マスク	掘削	掘削
200[nm]ミリング	マスク	マスク	掘削	掘削	掘削
1174[nm]ミリング	マスク	マスク	マスク	マスク	掘削
溝深さ[nm]	0	126	200	326	1500

【図 2 4】



【図 2 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 淳

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会社東芝青梅事業所内

Fターム(参考) 5D042 AA07 GA03 NA02 QA03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**